



### III-093 - TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE VIA ESTERILIZAÇÃO POR VAPOR ÚMIDO E ALTO VÁCUO ASSOCIADO A MICROONDAS - ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO EM UM ESTABELECIMENTO HOSPITALAR

**Vania Elisabete Schneider<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade de Caxias do Sul (UCS/RS). Mestre em Gerenciamento de Recursos Hídricos e Saneamento (UNICAMP/SP). Doutoranda em Gerenciamento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS/RS). Professora e Pesquisadora da Universidade de Caxias do Sul (DCEN/ISAM/UCS/RS).

**Sandra Maria Orlandin**

Engenheira Química pela Universidade de Caxias do Sul (UCS/RS). Especialista em Gestão do Meio Ambiente pela Universidade de Caxias do Sul (UCS/RS). Consultora e Assessora em Meio Ambiente, Engenharia e Qualidade da Empresa Global Engenharia S/C Ltda.



**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade de Caxias do Sul - Instituto de Saneamento Ambiental - Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - Bairro Petrópolis - Caxias do Sul - RS - CEP: 95070-560 - Brasil - Tel.: (54) 212-1133 - ramal: 2334 - e-mail: [veschnei@ucs.tche.br](mailto:veschnei@ucs.tche.br)

#### RESUMO

O potencial de risco apresentado pelos resíduos sólidos de serviços de saúde (RSSS) constitui um problema a ser constantemente reavaliado em função das situações e dos desafios que se apresentam à própria medicina em termos de controle de infecções e da saúde pública enquanto um todo. Estas preocupações tem levado a utilização em escala cada vez maior de resíduos descartáveis, de natureza diversa, aumentando substancialmente a geração de resíduos infectantes. A responsabilidade das instituições prestadoras de serviços de saúde frente à gestão destes resíduos tem sido cada vez mais evidenciada frente aos problemas causados pela disposição inadequada destes resíduos no meio ambiente que propicia a manipulação indevida dos mesmos pela população. Neste sentido o tratamento junto às fontes geradoras dos RSSS é um assunto a ser considerado e avaliado para que os riscos potenciais à saúde pública sejam evitados ou pelo menos minimizados. O tratamento dos RSSS via incineração vem sendo questionado, particularmente quando feito junto às fontes geradoras por ser este considerado uma fonte poluidora. Alternativas tecnológicas utilizando formas “mais limpas” de tratamento tem sido buscadas no intuito de superar estas dificuldades. A esterilização via vapor úmido e microondas é uma das alternativas encontradas no mercado para o tratamento dos RSSS junto às fontes geradoras permitindo uma maior segurança quanto aos riscos que possam vir a causar estes resíduos à saúde pública e contribuindo com a minimização de impactos ambientais. O presente estudo avaliou um destes sistemas de tratamento quanto a sua capacidade em atender à demanda do hospital em que está instalado, bem como a eficiência do processo de esterilização. Os resultados atestam a como viável o sistema em termos de atender às necessidades do estabelecimento bem como na destruição de patógenos além de se tratar de uma “tecnologia limpa”.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de Resíduos Infectantes; Gerenciamento de Resíduos Sólidos; Resíduos Hospitalares; Esterilização de Resíduos Infectantes.

#### INTRODUÇÃO

Os Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (RSSS), apresentam riscos e dificuldades especiais no seu manuseio devido ao caráter infectante de alguns de seus componentes. Além de apresentarem uma grande heterogeneidade e a presença freqüente de objetos perfurantes e cortantes possuem ainda em sua massa quantidades menores de substâncias tóxicas, inflamáveis e radioativas de baixa intensidade.



Os RSSS apresentam-se como componentes representativos dos resíduos sólidos urbanos, não pela quantidade gerada, mas pelo potencial de risco que representam à saúde pública e ao meio ambiente. O manejo adequado dos RSSS no sentido de evitar que se transformem em fonte de contaminação, faz parte das preocupações das áreas de saúde pública e do meio ambiente. O tratamento destes resíduos junto à fonte geradora é condição de segurança quanto aos riscos potenciais apresentados pelos mesmos, além de atender ao princípio da responsabilidade do gerador, conforme determina a legislação.

Os resíduos de serviços de saúde são considerados potencialmente perigosos tanto pelo aspecto da contaminação biológica (microorganismos patogênicos) como por substâncias químicas (drogas carcinogênicas, teratogênicas e materiais radiativos). Contudo a contaminação química quando comparada com a biológica, em relação ao volume de resíduos gerados representa uma quantidade pouco significativa. Sendo assim, os riscos biológicos, os mais preocupantes em termos de RSSS seriam representados pela presença de consideráveis densidades e variedades de microorganismos patogênicos nos resíduos. Estudos feitos com RSSS identificaram ou uma série de microorganismos presentes na massa de resíduos que lhes conferem potencial de risco a exemplo dos coliformes, *Salmonella thyphi*, *Pseudomonas sp.*, *Streptococcus*, *Staphylococcus aureus* e *Candida albicans*. A possibilidade da sobrevivência de vírus na massa foi comprovada para Pólio tipo I, hepatites A e B, *Influenza*, *Vaccinia* e vírus entéricos. Outros estudos revelaram ainda patógenos em condições de viabilidade por até vinte e uma semanas, durante o processo de decomposição de material orgânico. Gandomska apud Takayanagui (1993) verificou o desenvolvimento de bactérias mesófilas (65.450.000 em 1 Kg de lixo), esporuladas (2.211.000 em 1 Kg de lixo), termófilas (8.427.000 em 1 Kg de lixo), fungos (500.000 em 1 grama de lixo) e helmintos (428 ovos/Kg de lixo).

Considerando os dados acima, os próprios pacientes, os trabalhadores da área da saúde e os funcionários da coleta pública, representam, num primeiro momento, a população mais exposta aos danos que podem ser causados pelos resíduos infectantes. Em seguida, os riscos são apresentados aos visitantes, fornecedores e outros frequentadores assíduos dos estabelecimentos da saúde, assim como a população vizinha destes locais. Finalmente, os danos podem alcançar toda a população em geral, tendo em vista as alterações e contaminações ambientais (solo, água e ar) que podem ser causadas pelos resíduos infectantes, além do risco aos catadores e consumidores de materiais recolhidos da massa dos RSSS.

O gerenciamento adequado dos RSSS é a maneira mais eficaz de minimizar os riscos apresentados por estes à saúde pública e ao meio ambiente. Item relevante no gerenciamento destes resíduos é o tratamento dispensado aos mesmos.

Dentre as alternativas passíveis de serem utilizadas no tratamento dos Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde, do grupo "A", a Resolução CONAMA 05, ressalvadas as condições particulares e de emprego e operação de cada tecnologia, bem como considerando-se o atual estágio de desenvolvimento tecnológico, recomenda a esterilização a vapor ou a incineração.

A Esterilização é o procedimento utilizado para a completa destruição de todas as formas de vida microbiana, com o objetivo de evitar infecções e contaminações devido ao uso de determinados artigos hospitalares. A destruição das bactérias se verifica pela termocoagulação das proteínas citoplasmáticas, sendo suficiente uma exposição a 121°C a 132°C durante 15 a 30 minutos. O processo de esterilização por calor úmido e microondas é considerada uma tecnologia limpa por não apresentar emissões gasosas ou líquidas, evitando-se assim, maiores impactos ao meio ambiente.

A associação de altas temperaturas (acima de 120 graus Celcius) com alto vácuo, permite uma redução do tempo de exposição do material a estas condições assim como, força uma penetração maior do vapor úmido, aumentando assim, a eficiência do processo de esterilização, reduzindo igualmente o tempo de exposição.

A disponibilidade destas tecnologias no mercado brasileiro ainda é restrita. O sistema de tratamento aqui analisado está em fase de avaliação de sua eficiência demonstrando, até ao presente momento, dar conta do tratamento dos resíduos infectantes gerados pela instituição, eliminando o caráter de patogenicidade, permitindo, desta forma, a destinação conjunta com os resíduos comuns. Convém ressaltar que a eficiência deste sistema de tratamento, por ser de pequeno porte, depende igualmente da eficiência da segregação na origem dos resíduos infectantes. O tratamento junto a fonte geradora é parte integrante de uma proposta de gestão que envolve todas as fases do manejo de resíduos de serviços de saúde.



O presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições desta técnica de tratamento em termos de composição física dos resíduos, tempo de exposição à esterilização, e capacidade mássica e volumétrica do equipamento utilizado *versus* geração de resíduos infectantes. Além disso, verificou-se a eficiência do processo de esterilização através de testes realizados com o bioindicador *Stericon plus*<sup>®</sup> contendo esporos do microrganismo *Bacillus Stearothermophilus*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado junto a um Hospital Geral em Caxias do Sul, por um período de 7 dias consecutivos. Durante este período foram realizados levantamentos sobre as condições de manejo dos RSSS, no sentido de analisar o fluxo e a geração dos resíduos infectantes. Os resíduos foram pesados antes e depois da esterilização e analisados qualitativamente. As condições de esterilização, no que se refere a composição física dos resíduos, tempo de exposição à esterilização e capacidade mássica e volumétrica do equipamento utilizado *versus* a geração dos resíduos infectantes, e a eficiência da esterilização desses resíduos foram analisadas.

O equipamento SINTION 1.1<sup>®</sup>, utilizado para a realização da esterilização dos RSSS, está instalado junto ao Hospital desde sua implantação. O referido equipamento obedece a seguinte seqüência no ciclo de esterilização: (a) remoção de ar (vácuo); (b) injeção de vapor d'água (até alcançar a pressão pré-determinada); (c) remoção de ar (vácuo); (d) injeção de vapor d'água (até alcançar a pressão pré-determinada); (e) série de microondas (até alcançar a pressão pré-determinada); (f) esterilização da carga; (g) remoção do ar e água (vácuo); (h) despressurização. Para que a esterilização seja realizada, o equipamento é programado para permanecer um certo tempo a uma determinada pressão (correspondente a temperatura que se deseja alcançar); podem ocorrer variações no tempo total do processo, pois, dependendo da carga contida no equipamento, os ciclos de vácuo podem ser mais lentos ou rápidos e, também, pode variar o período de tempo necessário para que seja alcançada a pressão determinada após a série de microondas, somente a partir daí o tempo da esterilização começa a ser contado.

O gráfico padrão do processo de esterilização (pressão x tempo) do equipamento analisado está expresso na figura 1.

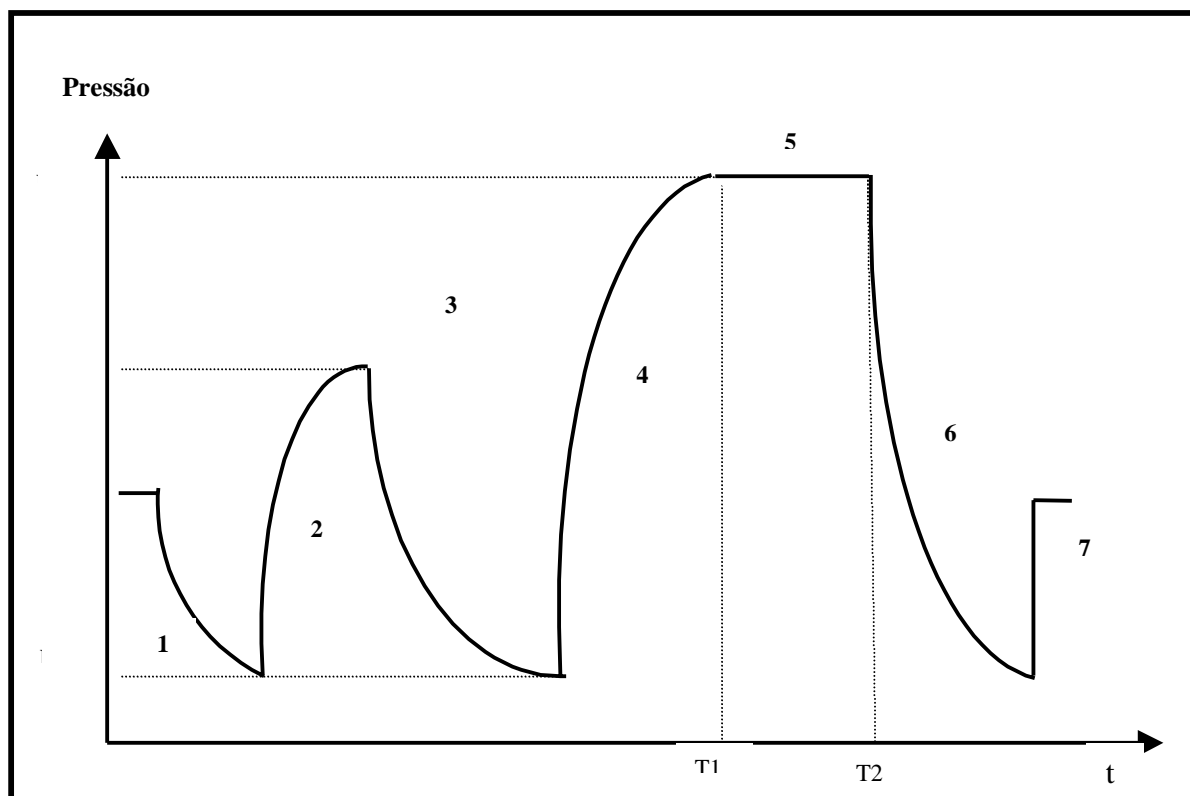


Figura 1 - Gráfico Padrão do Processo de Esterilização (Pressão x Tempo).



O referido equipamento possui seis geradores de microondas e os seguintes dados funcionais:

- Temperatura para a desinfecção: 121°C
- Pressão de vapor saturado para a desinfecção: 1 bar
- Temperatura para a esterilização: 134°C
- Pressão de vapor saturado para a esterilização: 2 bar

Os números de 1 a 7 expressos no gráfico representam a seqüência das etapas para a realização do processo de esterilização a vapor as quais são descritas abaixo:

Etapa 1: realização do vácuo até a pressão P1 (pré-estabelecida)

Etapa 2: injeção de vapor até a pressão P2 (pré-estabelecida)

Etapa 3: realização de vácuo até a pressão P1

Etapa 4: injeção de vapor até a pressão P3 (pré-estabelecida)

Etapa 5: esterilização durante o tempo T2-T1 (pré-estabelecida)

Etapa 6: realização de vácuo

Etapa 7: retorno à pressão inicial

Para a realização dos testes de esterilização, os resíduos foram dispostos no equipamento e este foi monitorado, ao longo do processo de esterilização, quanto às variáveis pressão, tempo e temperatura, através de um sistema computacional acoplado ao equipamento com a utilização de um software desenvolvido pelo fabricante para o mesmo. Além disto o equipamento emite um relatório ao final de cada ciclo de esterilização registrando data e hora, pressões atingidas, tempo de duração e *status* da operação. Os testes foram realizados com 65 amostras representando a geração total de resíduos infectantes gerados no período de estudo.

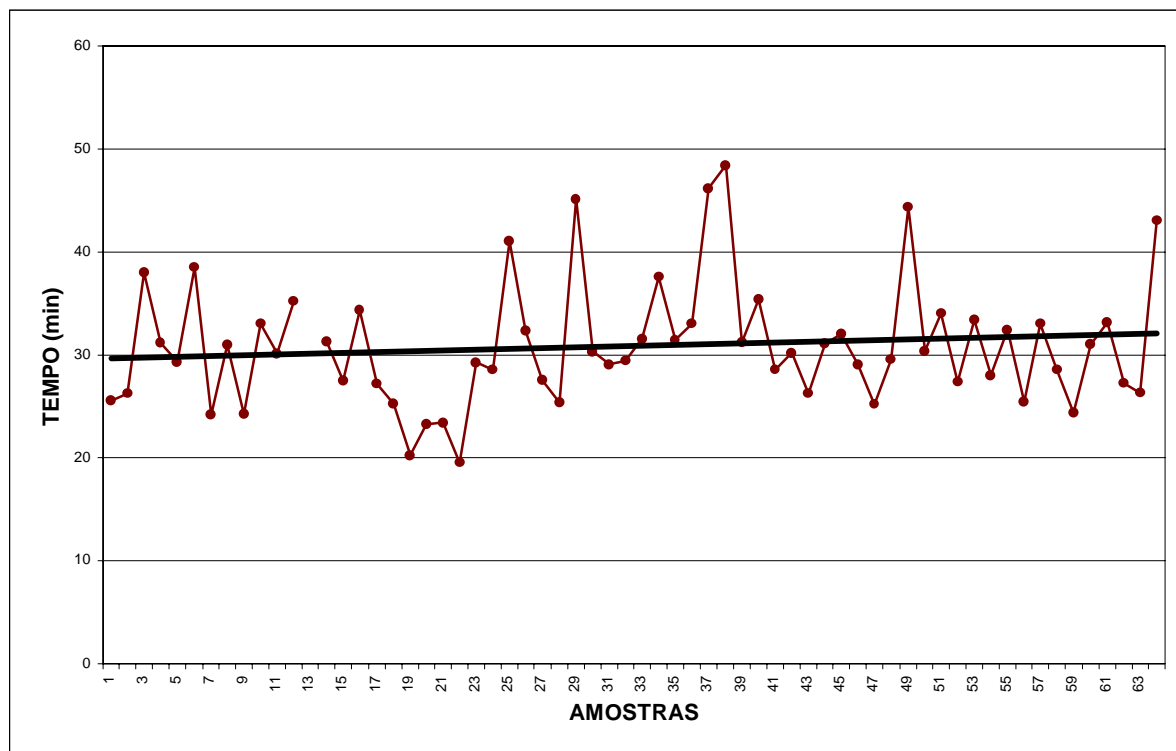
A verificação da eficiência do processo na destruição de patógenos, foi realizada com a utilização do bioindicador *Stericon®plus* contendo esporos do microrganismo *Bacillus stearothermophilus*. Foram utilizadas 3 ampolas para cada ciclo, sendo que duas foram incluídas à massa do resíduo a ser esterilizado, em locais que apresentam condições desfavoráveis para a esterilização devido a dificuldade de penetração de vapor úmido, como o fundo e o meio do material. A terceira ampola foi reservada como controle. Este procedimento foi utilizado em 5 repetições. Após o término da esterilização as três ampolas, devidamente identificadas, foram incubadas por 48 horas a  $60 \pm 2^\circ\text{C}$ , em estufa

## RESULTADOS

A Figura 2, apresenta os valores do tempo de esterilização de cada amostra plotados em um gráfico e a linha de tendência do tempo de esterilização.

Observando-se a Figura 2, verifica-se que a maioria das amostras encontram-se em uma faixa média de tempo. As amostras cujo tempo de esterilização se diferenciou muito do tempo médio, identificadas na figura pelos pontos mais afastados da linha de tendência, são analisadas mais detalhadamente a seguir.

Pelo gráfico observa-se que as amostras 17, 18, 19, 20 e 21 apresentaram um tempo de duração da esterilização menor quando comparado com o tempo médio, devido ao fato de ter sido realizada somente a desinfecção destes resíduos. Para a realização da desinfecção, o equipamento realiza somente um ciclo de vácuo e injeção de vapor, e não dois como acontece na esterilização, além disso, o valor de pressão a ser atingido, e, conseqüentemente, de temperatura, é menor. Devido a estes fatos, obtém-se um menor tempo para que o processo seja concluído.



**Figura 2: Tempo de esterilização *versus* amostras.**

Para as amostras 24, 28, 37, 39 e 50 observa-se um tempo de duração de esterilização longo, quando comparado ao tempo médio obtido. Analisando-se a caracterização dos resíduos destas amostras, verifica-se a presença de alimentos e fraldas na composição do resíduos esterilizado. Estes tipos de resíduos influenciam diretamente na duração do processo, devido aos seguintes fatores: (1) a realização do ciclo de vácuo torna-se mais difícil devido a grande umidade agregada aos alimentos e às fraldas; (2) o algodão presente na composição das fraldas absorve muito o vapor injetado, desta forma, o tempo da etapa de injeção de vapor fica prolongado, pois é necessário uma determinada quantidade de vapor livre para que seja atingido o valor de pressão pré-estabelecido.

A amostra 65 também apresentou um comportamento diferenciado da maioria das amostras monitoradas, em relação ao tempo de esterilização. Neste caso os resíduos esterilizados foram somente placentas. Mais uma vez, o tipo de resíduo esterilizado dificulta a realização dos ciclos de injeção de vapor e de vácuo, devido a grande taxa de umidade, aumentando assim o tempo total de conclusão do processo.

Relativamente à capacidade mássica e volumétrica do equipamento, *versus* a geração de resíduos, na Tabela 1 são demonstrados os valores totais e médios de massa e volume dos resíduos esterilizados, assim como o tempo de esterilização.

**Tabela 1: Valores totais e médios da massa e volume dos resíduos e do tempo de esterilização.**

Massa total de resíduos esterilizados:	599,6 Kg
Massa média de resíduos esterilizados:	9,2 Kg
Volume total de resíduos esterilizados:	4365,0 L
Volume médio de resíduos esterilizados:	67,2 L
Tempo total de esterilização:	1834,3 min
Tempo médio de esterilização:	31,6 min



A Tabela 2 expressa os valores total e médio de massa de resíduos gerados diariamente e o total da semana.

**Tabela 2: Valores total e médio da massa de resíduos gerados por dia e por semana.**

Data	Massa Total (Kg)	Massa Média(Kg)
03/05/99	76,1	9,8
04/05/99	78,8	9,9
05/05/99	138,4	10,6
06/05/99	102,5	11,4
07/05/99	65,8	9,4
08/09/99	104,8	8,7
09/09/99	63,7	9,1
Massa total	630,7	Massa média/dia = 90,9

Analisando-se estes valores, verifica-se que o equipamento leva em torno de 32 minutos para realizar a esterilização de aproximadamente 9,2 Kg de resíduos. Como o valor médio de resíduos gerados por dia é 90,9 Kg seria necessário a realização de, aproximadamente, 9,8 esterilizações de 32 minutos cada, para que toda a massa de resíduo infectante gerada no Hospital Geral fosse tratada. O tempo necessário para isto seria de 313,6 minutos ou 5,2 horas.

Com estes dados, pode-se afirmar que o equipamento SINTION 1.1<sup>®</sup> atende à necessidade de tratamento do resíduo infectante gerado no Hospital Geral, nas condições em que foram realizados os testes. Cabe salientar, que o resíduo pérfuro-cortante não é tratado neste equipamento e não foi considerado para o levantamento dos dados de resíduos gerados diariamente.

Fazendo-se uma estimativa, pode-se dizer que o tempo necessário para tratar os resíduos infectantes gerados ficaria em torno de 8 horas, considerando-se o tempo necessário para o aquecimento do equipamento, carga e descarga e preparação da embalagem do resíduo. Com isto, pode-se dizer que se o equipamento operasse durante 24 horas por dia, ele supriria o tratamento de uma quantidade de resíduos infectantes três vezes maior do que a que estava sendo gerada no período da realização deste trabalho, isto é, uma geração diária de 270 Kg de resíduo infectante.

Nos testes realizados para verificação da eficiência do processo de esterilização obteve-se o seguinte resultado: após o período de incubação, o conteúdo das ampolas permaneceu na cor inicial vermelho violácea, indicando que ocorreu a morte dos esporos do *Bacillus stearothermophilus*, o que evidencia que a esterilização foi realizada com sucesso. Os testes com o bioindicador apresentaram, portanto, resultados negativos para o crescimento de microrganismos para todas as amostras.

## CONCLUSÃO

Em relação a composição física dos resíduos esterilizados pode-se dizer que os resíduos que absorvem ou possuem muita umidade, como fraldas e alimentos, dificultam a realização das etapas de injeção de vapor e de realização de vácuo. Isto implica em um acréscimo no tempo necessário para que o processo seja concluído.

O equipamento utilizado para o tratamento dos resíduos infectantes no estabelecimento em estudo atende as necessidades de tratamento destes, para as condições em que foram realizados os testes. Fazendo-se uma relação entre a capacidade mássica e o tempo de esterilização do equipamento, e considerando-se 24 horas de operação por dia, verifica-se que o equipamento apresenta capacidade para tratar uma quantidade três vezes maior de resíduos do que a quantidade gerada no período de realização do estudo.

Quanto a eficiência do processo de esterilização no que se refere a destruição de microrganismos patogênicos presentes na massa de resíduos, pode-se dizer, com base nos testes realizados com o bioindicador *Sterikon*® *plus*, contendo esporos do microrganismo *Bacillus stearothermophilus*, que o processo de esterilização foi eficiente, pois os microrganismos foram eliminados.



Conclui-se, portanto, que o processo de esterilização de resíduos infectantes por calor úmido e microondas é uma boa alternativa para o tratamento dos resíduos infectantes, uma vez que apresentou-se eficiente na destruição dos microrganismos patogênicos, e atendeu à geração do estabelecimento, além de tratar-se de uma tecnologia limpa.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MONREAL, J.. Consideraciones sobre el Manejo de Resíduos de Hospitales en America Latina. In: Anais do Seminário Internacional sobre Resíduos Sólidos Hospitalares (Anexos 2). Paraná, 1993.
2. FORMAGGIA, D.M.E.. Resíduos de Serviços de Saúde. In: Gerenciamento de Resíduos Sólido de Serviços de Saúde - CETESB. São Paulo, 1995.
3. REGO, R. C. et alii. Avaliação da prática do uso de cal hidratada na disposição de resíduos sólidos de serviços da saúde em valas. In: Anais do Seminário Internacional de Resíduos Sólidos Hospitalares. Paraná, 1993.
4. RODRIGUES, E. A. C., et alii. Infecções Hospitalares - Prevenção e Controle..São Paulo: Sarvier, 1997
5. BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12807 - Resíduos de Serviço da Saúde - Terminologia. 1993.
6. BRASIL. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 12808 - Resíduos de Serviço da Saúde - Classificação. 1993.
7. BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12809 - Manuseio de Resíduos de Serviço da Saúde - Procedimento. 1993.
8. BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12810 - Coleta de Resíduos de Serviço da Saúde - Procedimento.1993.
9. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n.º 05 de 5/8/93. Define os procedimentos básicos relativos ao gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos estabelecimentos prestadores de serviços da saúde, portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários. Diário Oficial da União n.º 166, 1993.
10. RIO GRANDE DO SUL. Lei n.º 10099 de 07 de Fevereiro de 1994. Dispõe sobre os Resíduos Sólidos Provenientes da Área da Saúde. Porto Alegre, Palácio Piratini, 1994.